

10/527954

Rec'd PCT/PTO 14 MAR 2005

PCT 03 / 00620 #2

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

REC	23 SEP 2003
VIPC	PCT

### Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

### Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

### Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 15. Sep. 2003

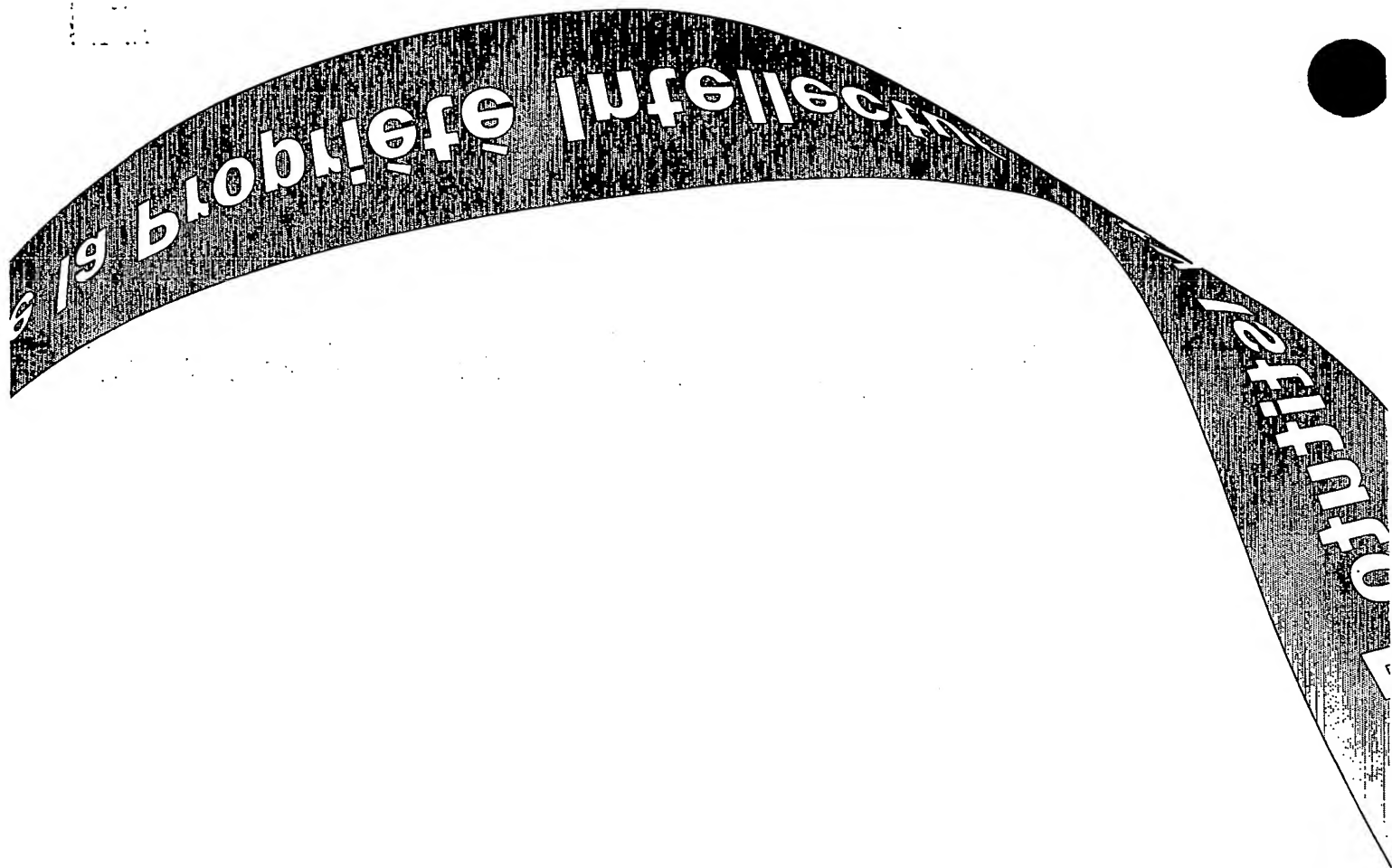
### PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

*H. Jenni*  
Heinz Jenni



Patentgesuch Nr. 2002 1566/02 ✓

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff.

Patentbewerber:

RCC Regional Compact Car AG  
Fähnlibrunnenstrasse 3  
8700 Küsnacht

Vertreter:

Willi Lanker Patentanwalt  
In der Gandstrasse 10  
8126 Zumikon

Anmeldedatum: 15.09.2002 ✓

Voraussichtliche Klassen: B29C, B29D, E04C

## **Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus Langfaser-Thermoplast mit integrierten Endlosfaser-Verstärkungen gemäss Oberbegriff von Anspruch 1 sowie eine Anlage zur Herstellung solcher Strukturbauteile. Bekannte Verfahren zur Herstellung solcher Strukturbauteile verwenden meist flächige Endlosfaser-Verstärkungen z.B. in Form von Gewebe-Halbzeugen oder mit einem Sandwich-Aufbau, die jedoch sehr eingeschränkt sind bez. möglicher Formgebungen und Anwendungen.

Aus der WO99/52703 ist ein Verfahren zur Herstellung von Strukturbauteilen bekannt, bei dem geschmolzene Endlosfaser-Stränge übereinander abgelegt werden, so dass sie eine zusammenhängende Tragstruktur mit flächigen Verbindungsstellen bilden und mit einer formbildenden langfaserverstärkten Masse in einem Werkzeug verpresst werden. Auch diese bekannten Verfahren weisen noch wesentliche Nachteile auf bezüglich rationaler Herstellung, Reproduzierbarkeit und definierter Ausbildung einer integrierten Endlosfaser-Tragstruktur. Es ist so nicht möglich, ein definiertes einstückiges, in einem Verpressungsschritt herstellbares Strukturbauteil zu schaffen, welches eine genau definierte, optimal positionierte und geformte, lastoptimierte Endlosfaser-Verstärkungsstruktur enthält.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile und Beschränkungen der bekannten Herstellverfahren zu überwinden und ein Verfahren zur rationalen, automatischen Herstellung von strukturellen Bauteilen zu schaffen, das die bisherigen Nachteile und Beschränkungen überwindet und einstückige, in einem Schritt verpressbare Bauteile mit integrierter, genau definierter, optimal positionierter und dreidimensional geformter Verstärkungsstruktur zu schaffen, welche den aufzunehmenden Lasten und Kräften entspricht. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen nach Anspruch 1 und durch eine Anlage zur Herstellung von strukturellen Bauteilen nach Anspruch 26.

Die abhängigen Patentansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung mit besonderen Vorteilen bezüglich rationeller serienmässiger und automatisierbarer, kostengünstiger Herstellung mit kurzen Taktzeiten sowie optimaler Ausrichtung und Formgebungen der Endlosfaser-Verstärkungsstrukturen und bezüglich leichter Strukturbauteilen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften.

Im Folgenden die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren weiter erläutert, dabei zeigen:

- Fig. 1        schematisch das erfindungsgemässe Verfahren mit Profilformung und definiertem Schockkühlen,
- Fig. 2        Temperaturverläufe in einem EF-Profil beim Schockkühlen mit verschiedenen Schockkühlzeiten,
- Fig. 3        Temperaturverläufe in einem EF-Profil beim Schockkühlen mit verschiedenen Werkzeugtemperaturen und Wärmeübergängen,
- Fig. 4        ein Beispiel mit bereichsweise unterschiedlichen Schockkühlungen an einem EF-Profil,
- Fig. 5a       die Enthalpie in Funktion der Temperatur beim Aufheizen und Abkühlen von teilkristallinen Thermoplasten mit einem Kristallisations-Hysteresebereich,
- Fig. 5b       die Temperaturführung bei der Schockkühlung im Enthalpiediagramm,
- Fig. 6        den Temperaturverlauf im EF-Profil nach der Schockkühlung,
- Fig. 7        den Temperaturverlauf im EF-Profil und in der LFT-Schicht beim Verpressen im LFT-Werkzeug,
- Fig. 8a       eine Anordnung von mehreren EF-Profilen in einem Strukturbauteil mit einer dreidimensionalen Kreuzungsstelle,
- Fig. 8b       die LFT-Formgebung des Bauteils mit integrierten EF-Profilen,
- Fig. 8c       einen zweistufigen Profil-Formprozess
- Fig. 9a, b     zwei verschiedene Querschnittsformen eines EF-Profils in einer Rippe,
- Fig. 10       ein invers temperiertes EF-Profil,
- Fig. 11       eine EF-Profil-Herstelllinie mit EF-Profil-Formstation,

Fig. 12 eine Anlage zur Herstellung der erfindungsgemässen Strukturbauteile mit EF-Profil-Formstation und LFT-Pressen,

Fig. 13 eine Positionierung von EF-Profilen oben und unten an einem LFT-Presswerkzeug.

Fig. 1 stellt das erfindungsgemässe Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus Langfaserthermoplast (LFT) mit integrierten Endlosfaser(EF)-Verstärkungen in einem einstufigen LFT-Pressverfahren mittels Schockkühlen und EF-Profil-Formpressen im Ablauf schematisch dar. In einer Aufheizstation 15 werden vorkonsolidierte EF-Bänder 5 vollständig aufgeschmolzen und anschliessend in ein zweiteiliges Profilwerkzeug 21 (hier in 21u) einer EF-Profilformstation 20 transferiert mit praktisch homogener Temperatur  $T_p$ , welche deutlich über dem Schmelzpunkt  $T_m$  liegt. Hier werden die EF-Bänder 5 zum gewünschten EF-Profil 10 geformt durch kurzzeitige Verpressung während einer genau definierten Schockkühlzeit  $t_s$ . Bei diesem Formpressen und Schockkühlen wird durch den Kontakt mit dem thermisch konditionierten Profilwerkzeug 21 mit einer definierten, relativ tiefen Werkzeugtemperatur  $T_{wp}$  und durch einen hohen Wärmeübergang  $Q_1$  in das Formwerkzeug 21 eine schockgekühlte, formfeste dünne Mantelschicht 12 gebildet. Nach definierter Schockkühl- und Presszeit  $t_s$  wird das EF-Profil 10 sofort vollständig vom Profilwerkzeug getrennt, in ein LFT-Werkzeug 31 einer LFT-Pressen 30 transferiert und dort genau definiert positioniert. Anschliessend wird eine geschmolzene LFT-Masse 6 mit einer Temperatur  $T_f$ , welche über dem Schmelzpunkt  $T_m$  liegt, eingebracht und mit dem EF-Profil 10 zusammen unter Druck gesetzt und verpresst, so dass die Mantelschicht 12 an der Oberfläche 11 wieder aufgeschmolzen und mit der umgebenden eingebrachten LFT-Masse 6 thermoplastisch verschmolzen wird.

Die Temperaturführung bei diesem Verfahren, d.h. die Einstellung der thermischen Parameter und der Schockkühlzeit  $t_s$  erfolgt entsprechend folgenden Anforderungen, welche mit dem erfindungsgemässen Verfahren erreicht werden können:

- a An den Kontaktstellen des EF-Profiles mit einem Greifer zum Transfer in die LFT-Pressen 30, muss eine nicht klebende, feste Profiloberfläche gebildet sein.

- b Die Formfestigkeit der EF-Profile 10 beim Transfer in die LFT-Presse muss genügend sein, so dass die Profile genau in der gewünschten Lage im LFT-Werkzeug positioniert werden können.
- c Die Formerhaltung des EF-Profils beim Verpressen mit der LFT-Masse 6 in der LFT-Presse wird so eingestellt, dass nach dem Verpressen die gewünschte Endform des EF-Profils im Bauteil resultiert (von gewünschter vollständiger Formerhaltung bis zu bereichsweise starkem Verfliessen des EF-Profils in der umgebenden LFT-Masse).
- d Die Interface-Verbindung zwischen dem EF-Profil und der umgebenden LFT-Masse muss die erforderliche Festigkeit erreichen.

Dementsprechend wird die Ausbildung der verfestigten Mantelschicht 12 grösser oder kleiner gewählt.

Als grobe Richtlinie gilt: je stärker die Schockkühlung, desto höher ist die Formerhaltung (Eigenschaften a, b, c)

und je geringer die Schockkühlung, desto stärker und intensiver wird die Interface-Verbindung (d) und die Formänderung beim Verpressen wird erhöht.

Ein Beispiel mit hoher Formerhaltung zeigt Fig. 9a mit einem EF-Profil in einer Rippe. Auf der einen Seite des Profils (am LFT-Werkzeug 31u anliegend) erfolgt eine stärkere Schockkühlung mit stärkerer Mantelschicht, während auf der gegenüberliegenden Seite des EF-Profils dennoch eine gute Interface-Verbindung zur eingebrachten umgebenden LFT-Masse 6 durch normal starke Schockkühlung mit normal starker Mantelschicht erreicht wird (auf der Seite des oberen Werkzeugs 31o von Fig. 1).

Die optimale Temperaturführung entsprechend den jeweiligen Anforderungen an die EF-Profile wird erreicht durch entsprechende Einstellung der Prozess-Parameter. Dies sind

T<sub>p</sub> die Temperatur des EF-Profils, nach dem Aufheizen auf eine homogene Temperatur in der Heizstation 15, vor der Schockkühlung.

Bei der Schockkühlung:

- ts die Schockkühlzeit, d.h. die Dauer der Verpressung und damit des Wärmeübergangs  $Q_1$
- $T_{wp}$  die Temperatur des Profil-Werkzeugs 21
- ae der Wärmeeindring-Koeffizient beim Kontakt mit dem Werkzeug 21; dieser wird durch Materialwahl und Eigenschaften des Werkzeugs bestimmt: spezifische Wärme  $c$ , Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  und spezifische Dichte  $\rho$ .  
Damit ergibt sich  $ae = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{1/2}$ .
- $Q_1$  Der Wärmeübergang vom EF-Profil 10 auf das Werkzeug 21 ist damit gegeben durch  $Q_1 = f(ts, T_p - T_{wp}, ae)$ .
- $T_a, T_i$  Temperaturen der Oberfläche 11 bzw. im Inneren des Profils
- tt Transferzeit bis zum Kontakt mit der LFT-Masse in der LFT-Pressen.

Wärmeübergang bei der LFT-Verpressung:

- $T_f$  Temperatur der eingeführten LFT-Masse 6 vor der Verpressung
- $T_{w1}$  Temperatur des LFT-Werkzeugs 31
- $Q_2$  der Wärmeübergang von der heißen LFT-Masse 6 auf das EF-Profil 10 ergibt sich hier als Funktion  $f(Q_1, T_a, T_i, T_f, T_{w1})$ .

Die folgenden Fig. 2, 3 illustrieren schematisch unterschiedliche Einstellungen der Schockkühl-Parameter. Sie zeigen Temperaturverläufe in einem EF-Profil  $T(d)$  über die Schichtdicke  $d_p$  hinweg nach ausgeführter Schockkühlung  $t = ts$ .

Fig. 2 zeigt zwei Temperaturverläufe  $T(d)$  für zwei verschiedene Schockkühlzeiten  $ts_1$ ,  $ts_2$ , bei gleicher Werkzeugtemperatur  $T_{wp}$ . Die längere Schockkühlzeit  $ts_1$  mit Wärmeübergang  $Q_{1.1}$  ergibt eine entsprechend stärkere, dickere Mantelschicht 12.1 (verfestigt unterhalb der Schmelztemperatur  $T_m$ ) und die kürzere Schockkühlzeit  $ts_2$  mit Wärmeübergang  $Q_{1.2}$  eine dünnere Mantelschicht  $ts_2$ .

Fig. 3 zeigt verschiedene Temperaturverläufe  $T(d)$  bei konstanter Schockkühlzeit  $ts$ , jedoch bei verschiedenen Werkzeugtemperaturen  $T_{wp}$  und entsprechenden



Wärmeübergängen  $Q$  und resultierenden Mantelschichten 12, mit abnehmender Intensität der Schockkühlung von T1 bis T4:

- T1: Twp1 = starke Schockkühlung Q1.1 und Mantelschicht 12.1  
T2: Twp2 = normale Schockkühlung Q1.2 und Mantelschicht 12.2  
T3: Twp3 = schwache Schockkühlung Q1.3 und Mantelschicht 12.3  
T4: kein Kontakt mit dem Werkzeug (offene Stellen, Aussparungen),  
 $Q_{1.4} = 0$ , kein Wärmeübergang

Die Oberflächentemperaturen  $T_a$  des EF-Profils entsprechen dabei den Werkzeugtemperaturen  $T_{wp}$  und die Temperaturen im Innern des Profils  $T_i$  entsprechen ca. der Eingangstemperatur  $T_p$  des geheizten EF-Bandes.

Die Schockkühlzeiten liegen meistens zwischen 1 und 5 sec., wobei in speziellen Fällen auch längere Zeiten z.B. bis 10 sec. möglich wären. Die Transferzeiten  $t_t$  in die LFT-Pressen liegen z.B. zwischen 5 und 15 sec.

Durch Einstellung der Parameter und damit der Temperaturführung wird die Schockkühlung auf die jeweiligen Anforderungen entsprechend eingestellt:

- optimale Formfestigkeit für das Handling der Profile und um die gewünschte Endform des Profils nach dem Verpressen zu erreichen,
- optimale Verbindung zwischen EF-Profil und LFT-Masse (Verbundfestigkeit) zu erreichen.

An ein EF-Profil können jedoch bereichsweise unterschiedliche Anforderungen gestellt sein (bezüglich a, b, c, d) entsprechend der Funktion des entsprechenden Teils oder der Seite oder des Bereichs eines Profils. Beispielsweise an ein Profil von Fig. 9a oder bei einem Bauteil von Fig. 8, u.a. in Bereichen von Kraftübertragungen und Krafteinleitungen.

Es ist ein sehr wichtiger Vorteil des erfindungsgemässen Schockkühlens und Profilformens, dass die Schockkühlung an den Profilen bereichsweise unterschiedlich und je optimal eingestellt werden kann. Dies wird zu Fig. 4 erläutert. Diese zeigt schematisch verschiedene Bereiche mit unterschiedlicher Schockkühlung an einem Profil 10, z.B. mit abnehmender Intensität der Schockkühlung von Q1.1 bis Q1.4 analog zum Beispiel von Fig. 3. Diese unterschiedlichen Bereiche am Profilwerkzeug 21 können dabei unterschiedliche Temperaturen  $T_{wp}$  wie auch unterschiedliche Materialeigenschaften  $a_e$  aufweisen. Wie in Fig. 4 dargestellt, können die beiden Seiten des Profils oben und unten mit den entsprechenden Profilwerkzeugteilen 21o und 21u unterschiedlich schockgekühlt sein.

Die unterschiedlichen Bereiche am Werkzeug 21 können durch thermische Konditionierung (heizen, kühlen) und die Werkzeugtemperatur  $T_{wp}$  sowie durch die Materialeigenschaften  $a_e$ , d.h. Werkstoffe und allfällige isolierende Beschichtungen, erreicht werden.

Folgende Materialien eignen sich für das erfindungsgemässe Verfahren: Die LFT-Masse 6 weist vorzugsweise mindestens 3 mm mittlere Faserlänge auf. Die Endlosfaserverstärkung (EF) kann aus Glas-, Kohle oder Aramidfasern bestehen (wobei in Spezialfällen auch Borfasern für höchste Druckfestigkeiten oder Stahlfasern nicht ausgeschlossen wären).

Die EF-Profile 10 können hauptsächlich aus UD-Lagen ( $0^\circ$ ), aber auch aus Lagen mit unterschiedlicher Ausrichtung aufgebaut sein, z.B. abwechselnd mit Lagen von  $0^\circ/90^\circ$  oder  $0^\circ/+45^\circ/-45^\circ$ . Sie können auch eine dünne Oberflächenschicht (z.B. 0.1 – 0.2 mm) aus reinem Thermoplastmaterial ohne EF-Faserverstärkung aufweisen.

Speziell geeignet für Strukturbauteile sind teilkristalline Polymere als Matrix von EF-Profilen 10 und von LFT-Formmasse 6, z.B. da diese höhere Druckfestigkeiten erreichen können. Natürlich können aber auch amorphe Polymere wie ABS eingesetzt werden. Das kristalline Thermoplastmaterial kann z.B. aus PP, PET, PBT oder PA

bestehen. Im folgenden wird das kristalline Verhalten von Polypropylen PP weiter erläutert und dessen Anwendung im erfindungsgemässen Verfahren.

Dazu wird in Fig. 5a ein Enthalpie-Diagramm von PP dargestellt, d.h. die Enthalpie in Funktion der Temperatur  $En(T)$ . Beim Aufschmelzen oder Aufheizen gemäss Kurve a steigt die Enthalpie vor dem Schmelzpunkt  $T_m$  von  $165^\circ\text{C}$  stark an bedingt durch das Schmelzen der kristallinen Bereiche. Bei anschliessender langsamer Abkühlung gemäss Kurve b bleibt das Polymer bis zu einer unteren Erstarrungstemperatur  $T_u$  von ca.  $125^\circ\text{C}$  amorph geschmolzen und die Enthalpie sinkt erst unterhalb  $T_u$  im Temperaturbereich des Kristallwachstums  $DT_{kr}$  von ca.  $80 - 125^\circ\text{C}$  stark ab. Dazwischen liegt der Hysterese-Bereich  $DE_n$ , welcher der latenten Wärme der Kristallisation entspricht. Der schockartigen Kühlung entspricht die Gerade c. Dabei bleibt das Polymer auch unterhalb der Temperatur  $T_u$  amorph, wird aber verfestigt. Beim Wiedererwärmen, kann diese latente Energie  $DE_n$  genutzt werden.

Fig. 5b illustriert eine Temperaturführung beim Schockkühlen im Enthalpie-Diagramm, in Zusammenhang mit den Fig. 6 und 7. Beim Schockkühlen wird die Oberfläche 11 des Profils innerhalb der Schockkühlzeit  $t_s$  rasch bis zur Temperatur  $T_{a1}$  abgesenkt (Schritt 1). Anschliessend erfolgt während der Transferzeit  $t_t$  ein Temperatúrausgleich mit einem Wiederanstieg der Oberflächentemperatur auf einen Wert  $T_{a2}$  (Schritt 2). Beim anschliessenden Verpressen mit der flüssigen LFT-Masse 6 wird die Profiloberfläche 11 weiter aufgeheizt auf einen Wert  $T_{a3}$  (Schritt 3) und dabei vollständig mit der LFT-Masse verschmolzen.

Die Fig. 6 zeigt den Temperaturverlauf  $T_1(d)$  mit Oberflächentemperatur  $T_{a1}$  im EF-Profil 10 nach der Schockkühlung zur Zeit  $t_s$  (Schritt 1), sowie nach dem Transfer in die LFT-Pressen (Schritt 2) mit einem ausgeglichenen Temperaturverlauf  $T_2(d)$  und  $T_{a2}$  zur Zeit  $t_t$ . Der Kristallisationstemperaturbereich  $DT_{kr}$  (ca.  $80 - 125^\circ\text{C}$ ), in welchem das Kristallwachstum erfolgt, ist ebenfalls angegeben.

Die Fig. 7 zeigt den Temperaturverlauf im EF-Profil 10 und der anliegenden LFT-Schicht 6 beim Verpressen in der LFT-Presse. Mit dem Verpressen wird zuerst die Wärmemenge  $Q_2$  von der heissen LFT-Schicht 6 mit einer Temperatur  $T_f$  auf das EF-Profil 10 übertragen (Schritt 3). Dabei entsteht ein Temperaturverlauf  $T_3(d)$ , wobei die Temperatur  $T_{a3}$  an der Profiloberfläche 11, d.h. die Interface-Temperatur, stark ansteigt und damit eine einwandfreie Verschmelzung und Verbundfestigkeit erreicht wird. Anschliessend sinkt die Temperatur  $T_4(d)$  entsprechend der LFT-Werkzeugtemperatur  $T_{w1}$  wieder ab. Beim Verpressen von EF-Profilen 10 mit der LFT-Masse 6 und dem anschliessenden Abkühlen zuerst im LFT-Werkzeug und nach der Entnahme kann die Temperaturführung so gewählt werden, dass der kristalline Anteil (am gewünschten Ort) erhöht wird durch entsprechend langsames Durchlaufen des Kristallwachstums-Temperaturbereichs  $DT_{kr}$ .

In Analogie zur bereichsweisen unterschiedlichen thermischen Konditionierung im Profilformwerkzeug 21 kann auch das LFT-Werkzeug 31 bereichsweise unterschiedliche thermische Konditionierungen bzw. Wärmeübergänge aufweisen, d.h. unterschiedliche Parameter: Werkzeugtemperaturen  $T_{w1}$  und Wärmeeindringkoeffizienten  $ae$  in verschiedenen Bereichen des LFT-Werkzeugs.

Bei teilkristallinen Polymeren wie PP kann die Temperaturführung so gewählt werden, dass die Kristallisationseigenschaften zur Verbesserung von Formfestigkeit und Verbundfestigkeit genutzt werden. Zum Beispiel:

- In der Mantelschicht 12 kann im Kristallisations-Temperaturbereich  $DT_{kr}$  die Festigkeit des Mantelbereichs erhöht werden.
- An der Profiloberfläche 11 kann ein minimales Kristallwachstum erreicht werden, wenn die Oberflächentemperatur  $T_a$  rasch über den Kristallwachstumsbereich  $DT_{kr}$  ( $125^\circ$ ) erhöht wird und die Profiloberfläche beim Verpressen rasch und vollständig aufgeschmolzen und mit der LFT-Masse verbunden wird (durch  $Q_2$ ).
- Die Formfestigkeit wird erhöht durch einen stärkeren kristallinen Anteil in der Mantelschicht

- und je nach gewünschter weiterer Formbarkeit beim LFT-Pressen wird ein kleinerer oder grösserer kristalliner Anteil in der Mantelschicht erzeugt.

Ein Temperaturgradient am Interface EF-LFT kann durch gerichtetes Kristallwachstum die Festigkeit der Verbindung EF-LFT weiter erhöhen.

Die Fig. 8a, 8b, 8c illustrieren mögliche Formgebungen der EF-Profile entsprechend den unterschiedlichen Funktionen und Anforderungen an verschiedene Stellen eines bestimmten Profils bzw. Bauteils. Dazu können die Profile eine dreidimensionale Profilformgebung aufweisen. Sie können in Längsrichtung Biegungen, Drehungen oder Faltungen aufweisen und sie können spezielle Ausformungen 22 für Kraftübergänge und zur direkten Aufnahme von äusseren Lasten bzw. zur Aufnahme von Inserts 4 (Einbauteilen) aufweisen, an welchen äussere Lasten in das Bauteil eingeleitet werden. Auf die Formgebung der EF-Profile 10 abgestimmt wird auch die Formgebung der umgebenden LFT-Masse 6 gewählt. Formgebungen von Kraftübertragungen (von Kräften und Momenten) im Innern eines Bauteils (z.B. von einem EF-Profil über die LFT-Masse auf andere EF-Profile) können sowohl als Ausformungen der EF-Profile (22) als auch als Ausformungen der LFT-Masse (32) gebildet sein.

Die dreidimensionale Formgebung der EF-Profile wird z.B. realisiert durch eine Vorformung der geschmolzenen EF-Bänder 5 in der Horizontalebene durch den Bandgreifer 18 und durch Vorformelemente 19 beim Transfer in die EF-Profil-Formstation 20 (siehe Fig. 11). Dabei können die EF-Bänder 5 auch verdreht werden. Anschliessend erfolgt die Verformung auch in der dritten Dimension (vertikal) durch das Profilwerkzeug 21, so dass weitgehend beliebig dreidimensional geformte EF-Profile erzeugt werden können.

Die Fig. 8a, b zeigen das Beispiel eines komplexen Strukturbauteils in Form einer 2/3 Rücksitzlehne mit Mittelgurtanbindung für den mittleren Sitzplatz mit mehreren anspruchsvollen Lasteinleitungen und Lastfällen (Crash-Lasten). Die Fig. 8a zeigt im Grundriss die Anordnung der EF-Profile im Bauteil und Fig. 8b perspektivisch die LFT-

Formmasse 6 und darin eingezeichnet die integrierten EF-Profile 10.1 bis 10.4. Dieses Beispiel illustriert die lastoptimierte Formgebung der EF-Profile selber sowie die lastoptimierte Anordnung zu einer Struktur mit entsprechender Formgebung der LFT-Formmasse 6 und mit optimaler Verbindungsfestigkeit zwischen den Hauptlasttragenden EF-Profilen (mit gerichteten Endlosfasern) und der ergänzenden LFT-Formmasse (mit ungerichteten Langfasern).

Hier ergeben sich vier Hauptlastaufnahmen L1 bis L4 durch:

- L1, L2 an den beidseitigen Achshalterungen 59a, 59b, um die die Rücksitzlehne schwenkbar ist,
- L3 am Schloss 58, zum Fixieren in Normalstellung und
- L4 an Gurtschloss bzw. Gurtrolle 60 für den Mittelgurt des mittleren Sitzplatzes.

Mit diesem Strukturbauteil werden folgende Lastfälle abgedeckt:

- Front- und Heckaufprall
- Ladegut-Sicherung
- Gurtverankerung
- Kopfstützenverankerung

Zur Aufnahme und Übertragung aller Lasten und Kräfte bilden die sich kreuzenden EF-Profile zusammen mit den verbindenden kraftübertragenden Ausformungen der LFT-Masse eine räumliche, dreidimensionale Kreuzungsstruktur 50. Hier bilden die EF-Profile je paarweise in den LFT-Ausformungen einen Momente übertragenden Biegeträger:

- Die Profile 10.1 und 10.4 in einer Sicke 7 der LFT-Formmasse einen Biegeträger zwischen den Lasten L1 und L4
- und die Profile 10.2 und 10.3 in Rippen 8 der LFT-Formmasse einen Biegeträger zwischen den Lasten L2 und L3.

Durch die räumliche Kreuzungsstelle 50 wird dabei die Last L4 an der Gurtrolle und zum Teil auch weitere Lasten, die auf dem Biegeträger 10.1/ 10.4 wirken, auch durch den anderen Biegeträger 10.2/ 10.3 abgestützt.

Die Hauptkräfte bzw. Lasten L1 bis L4 werden durch Krafteinleitungen aufgenommen:

- durch Ausformungen 22 und 32 der EF-Profilen und der LFT-Formmasse zur Aufnahme der äusseren Kräfte mit oder ohne Inserts 4.
- Dabei können die Inserts 4 vor dem Verpressen in das LFT-Werkzeug eingelegt und zusammen verpresst werden
- oder sie können auch nachträglich in das Bauteil eingefügt werden.

Hier weist das EF-Profil 10.1 eine bogenförmige Aufweitung 22 zur Aufnahme eines Achslager-Inserts 59a auf. Die andere Achslager-Aufnahme 59b wird durch Ausformungen 22 der EF-Profile 10.2 und 10.3 und verbindende Ausformungen 32 der LFT-Masse gebildet. Das Schloss 58 wird an eine Schlossplatte am EF-Profil 10.3 (und gestützt durch das EF-Profil 10.2) angeschraubt. Die Gurtrolle 60 wird abgestützt durch Ausformungen der EF-Profile 10.1 und 10.4.

Die kleineren Lasten L8, L9 der Kopfstützen 61 werden hier durch LFT-Ausformungen 32 aufgenommen. Es könnte aber auch ein zusätzliches quer verlegtes Profil 10.5 (bereichsweise flach und vertikal ausgerichtet) integriert werden.

In diesem Beispiel ist auch die dreidimensionale Profilformung in vielen Varianten ersichtlich.

Die Ablagereihenfolge der EF-Profile in das LFT-Werkzeug ist:

zuerst das EF-Profil 10.1, darauf die Profile 10.2 und 10.3 und anschliessend darauf das Profil 10.4. Dann wird die flüssige LFT-Masse eingebracht und das ganze Bauteil einschalig und einstückig in einem Schritt verpresst.

Beim Formpressen der EF-Profile können auch mehrere Profile in einem Profilwerkzeug 21 mit einer Profil-Formstation geformt werden, z.B. hier die Profile 10.2 und 10.3.

Das Profilformen in der EF-Profil-Formstation 20 kann für besonders komplizierte Formen auch mittels eines mehrteiligen Profilwerkzeugs in einem mehrstufigen

Formprozess ausgeführt werden. Ein Beispiel dazu zeigt Fig. 8c mit einem dreiteiligen Werkzeug 21u, 21o und 21.3. In einem zweistufigen Formprozess werden hier zuerst die Teile 21o und 21u geschlossen und dann sofort seitlich auch der Werkzeugteil 21.3. So kann ein 180°-Bogen geformt werden - z.B. für Krafteinleitungsbereiche.

Die Fig. 9a, 9b illustrieren ein Beispiel eines EF-Profils 10, das über seine Länge unterschiedliche Querschnittsformen aufweist, in Anpassung an die zu übertragenden Kräfte und an die Verbindung mit der LFT-Masse 6. Die Figuren zeigen im Querschnitt ein EF-Profil in einer Rippe 8, z.B. entsprechend den Profilen 10.2 oder 10.3 von Fig. 8, an zwei verschiedenen Stellen.

Fig. 9a zeigt eine Formgebung 10a mit einem Positionierabsatz 55 zum Fixieren und Halten des Profils in der gewünschten Lage - speziell beim Verpressen, wenn die flüssige LFT-Masse in die Rippe hinein gepresst wird. Oben und unten weist das Profil je einen dickeren Bereich 56 als Zug- und Druckzonen zur Übertragung von Momenten auf und dazwischen liegt eine dünnere Schubzone 57 mit entsprechend dickerer anliegender LFT-Schicht 6 und mit grosser Anbindungsfläche und besonders starker Interface-Verbindung.

An einer anderen Stelle gemäss Fig. 9b ist der Profilquerschnitt 10b den dortigen Kraftverhältnissen entsprechend verändert: gestreckt, d.h. höher und schmaler und ohne Positionierabsatz.

In analoger Weise können solche Profilformen auch an Sickenwänden positioniert sein.

Zusätzlich zu den schockgekühlten EF-Profilen können auch weitere geformte EF-Profile, welche separat invers behandelt sind, zum formfesten Transfer ins LFT-Werkzeug gebracht werden. Als Beispiel kann das EF-Profil 10 gemäss Fig. 10 durch äusseres Aufheizen einen geschmolzenen Aussenbereich 89 und einen noch formfesten kühleren Innenbereich 88 aufweisen. Für Handling und Transfer kann dieses Profil z.B. mittels kalten Greifern an (dadurch gekühlten) nicht klebenden Kontaktstellen kurze Zeit gehalten werden.



Die Fig. 11 und 12 zeigen eine EF-Profil-Herstelllinie bzw. eine Anlage zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens. Die Fig. 11 zeigt eine EF-Profil-Herstelllinie mit einer EF-Profil-Formstation 20, mit einem Halbzeuglager 14, einer Aufheizstation 15, mit einer Schutzgasatmosphäre (z.B. N<sub>2</sub>), einem Transportband oder einer Transportkette 16 (z.B. einer Stabkette mit nichthaftender Beschichtung und einer Bürstenreinigung), einem Bandgreifer 18 mit Vorform-Elementen 19, welche am oberen EF-Profil-Werkzeug 21o angebracht sind, eine EF-Profil-Formstation 20 mit Schockkühlung, mit einem Verschiebeportal 17 für die Werkzeugteile 21o, 21u und mit einer EF-Profil-Pressen 23. Mit einem Profilgreifers 26 und einem Transferroboter bzw. Handling-Einheit 42 werden die erzeugten EF-Profile in das Werkzeug 31 einer LFT-Pressen 30 transferiert und positioniert. Vom Halbzeuglager 14 werden die Bänder 5 mit geeignetem Zuschnitt (auch mit variierender Länge, Breite und Dicke) mit der Transportkette 16 in die Aufheizstation 15 gebracht und dort z.B. mit IR-Strahlern aufgeschmolzen und auf eine homogene gewünschte Bandtemperatur erhitzt. Anschliessend werden die geschmolzenen EF-Bänder von einem Bandgreifer 18 mit Vorform-Elementen 19, welche am oberen Werkzeugteil 21o angebracht sind, erfasst und während des Transfers in die EF-Profil-Formstation 20 vorgeformt (vorgeformt in der horizontalen Ebene, z.B. durch Positionierstifte mit Verbiegen oder Drehen des geschmolzenen Bandes) mit dem Verschiebeportal über das untere Profil-Formwerkzeug 21u verschoben, dort in der gewünschten vorgeformten Lage abgelegt und sofort verpresst in der genau definierten Schockkühlzeit  $t_s$  zur Bildung der formfesten Mantelschicht 12. Durch die Verformung im Profilwerkzeug wird die gewünschte dreidimensionale Endform des Profils erreicht. Anschliessend werden die EF-Profile 10 sofort entformt und mit dem Profilgreifer 26 durch den Roboter 42 in das LFT-Werkzeug 31 der LFT-Pressen 30 transferiert und positioniert. Mit dem Profilgreifer 26 werden die EF-Profile 10 während des Transfers in der Luft in die gewünschte Soll-Lage ausgerichtet, d.h. bezüglich Translation, Rotation und Neigung, in die definierte Position für jedes einzelne Profil. Mit dem Profilgreifer 26 können die Profile einzeln erfasst und transferiert werden oder auch mehrere Profile gleichzeitig erfasst und simultan je in die richtige Position ausgerichtet werden.

Im Beispiel von Fig. 8 wird zuerst das Profil 10.1, darauf zusammen die Profile 10.2 und 10.3 vertikal in einer Rippe und dann das Profil 10.4 positioniert, wobei auch diese Profile mit einem Mehrfach-Profilgreifer 26 gleichzeitig transferiert werden können.

Um zu vermeiden, dass die geschmolzenen EF-Bänder 5 am Bandgreifer 18 und an den Vorform-Elementen 19 kleben bleiben, werden die Bänder durch kurzen Kontakt mit den kalten Greiferflächen, welche nicht kleben, abgelöst werden. Ein solcher Doppelgreifer 18a, 18b weist z.B. zwei isolierende kleine Greiferkontakte 18a und zwei stärkere, kalte, nicht klebende Greiferkontakte 18b auf.

In einer EF-Profil-Formstation 20 können mit mehr als einem Profilwerkzeug 21.1, 21.2 gleichzeitig auch mehrere EF-Profile verpresst werden.

Fig. 12 zeigt eine ganze Anlage 40 mit mehreren EF-Profil-Herstelllinien 20.1, 20.2, 20.3 sowie mit einer LFT-Aufbereitungseinrichtung 34, z.B. einem Extruder, und einem LFT-Greifer 37 zum Transferieren der geschmolzenen LFT-Masse mit gewünschter Temperatur in die LFT-Pressen 30 bzw. in das LFT-Werkzeug 31. Die Anlage weist Teilsteuern der einzelnen Baugruppen auf: eine Steuerung 25 der EF-Profil-Formstationen, eine Steuerung 35 der LFT-Aufbereitung und eine LFT-Pressensteuerung 36, welche in der Anlagensteuerung 45 inklusive Steuerung für den Transferroboter 42 zusammengefasst werden.

Fig. 13 illustriert die Positionierung von mehreren EF-Profilen (10.1 – 10.4) in unterschiedlichen Einbaulagen und mit beliebigen Neigungen zwischen flach und senkrecht in einem LFT-Werkzeug. Dabei können die einzelnen EF-Profile am unteren Werkzeug 31u und/oder am oberen Werkzeug 31o positioniert und fixiert sein. Mit der dazwischen eingebrachten LFT-Formmasse 6 können somit entsprechend Bauteile mit aufwendigeren EF-Profil-Verstärkungsstrukturen in einem Schritt hergestellt werden.

Die LFT-Formmasse (6) kann auch mit anderen analogen Druckherstellverfahren anstelle des Fliesspressens eingebracht und verpresst werden. So kann auch ein LFT-

Einspritzverfahren mit horizontalem Verpressen und vertikalem LFT-Werkzeug eingesetzt werden, z.B. mittels einem LFT-Spritzgiess-Compounder, durch Hinterpressen im Quellfluss, mit bewegtem Werkzeug mit Tauchkanten etc.

Im Rahmen dieser Beschreibung werden folgende Bezeichnungen verwendet:

1	Strukturbauteil
1.2	zweiter Teil (zweischalig)
4	Inserts, Einlagen
5	EF-Bänder
6	LFT-Formmasse
7	Sicke
8	Rippe
10	EF-Profil
11	Profiloberfläche
12	Mantelschicht
14	Halbzeuglager
15	Aufheizstation
16	Transportkette
17	Verschiebeportal
18	Bandgreifer
19	Vorform-Elemente
20	EF-Profil-Formstation (Schockkühlung)
21	Profilwerkzeug
21o, 21u	oberes, unteres
22	EF-Profil-Ausformungen
23	Profil-Presse
25	Steuerung von EF-Profil-Formstation
26	Profilgreifer
27	Schutzgas Atmosphäre
30	LFT-Presse
31	LFT-Werkzeug

31o, 31u	oberes, unteres
32	LFT-Ausformungen
34	LFT-Aufbereitung, Extruder
35	LFT-Steuerung von 34
36	LFT-Pressensteuerung
37	LFT-Greifer
40	Anlage
42	Transferroboter, Handlingseinheit
45	Anlagensteuerung
50	räumliche Kreuzungsstelle (dreidimensional)
55	Positionierabsatz
56	dicke Zug- und Druckzonen in 10
57	dünnere Schubzone
58	Schloss
59a, b	Achshalterung
60	Gurtrolle, Gurtschloss
61	Kopfstützen
88	Innenbereich
89	Aussenbereich
ae	Wärmeeindring-Koeffizient
d	Richtung senkrecht zur Profiloberfläche 11
dp	Profildicke
df	Dicke der LFT-Schicht
Q1	Wärmeübergang an 21
Q2	Wärmeübergang von 6
t	Zeiten
ts	Schockkühlzeit
tt	Transferzeit
T	Temperaturen
Ta	Oberflächentemperatur
Twp	T von EF-Profilwerkzeug 21

<b>Twl</b>	<b>T von LFT-Werkzeug 31</b>
<b>Tf</b>	<b>T von LFT-Masse</b>
<b>Tm</b>	<b>Schmelztemperatur</b>
<b>Tp</b>	<b>T von Profil 10</b>
<b>Tu</b>	<b>untere Erstarrungstemperatur</b>
<b>T1, T2</b>	<b>Profiltemperaturverläufe</b>
<b>DTkr</b>	<b>Kristallisationstemperatur-Bereich</b>
<b>DEn</b>	<b>Hysteresebereich (Kristallisationswärme, latente Enthalpie)</b>
<b>L</b>	<b>Lasten</b>
<b>En</b>	<b>Enthalpie</b>

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus Langfaserthermoplast (LFT) mit integrierten Endlosfaser (EF)-Verstärkungen in einem einstufigen LFT-Druck-Herstellverfahren, dadurch gekennzeichnet dass
  - vorkonsolidierte EF-Bänder (5) in einer Aufheizstation (15) aufgeschmolzen und anschliessend in ein zweiteiliges Profilwerkzeug (21) einer EF-Profilformstation (20) transferiert werden,
  - dort kurzzeitig verpresst und dabei zum gewünschten Profil (EF-Profil) geformt werden und dass dabei an der Profiloberfläche (11) durch Kontakt mit dem thermisch konditionierten Profilwerkzeug (21) mit hohem Wärmeübergang ( $Q_1$ ) eine schockgekühlte, formfeste dünne Mantelschicht (12) gebildet wird,
  - das EF-Profil nach definierter Schockkühlzeit ( $t_s$ ) sofort vollständig vom Profilwerkzeug getrennt und in ein LFT-Werkzeug (31) transferiert und dort definiert positioniert wird,
  - dann eine geschmolzene LFT-Masse (6) eingebracht und mit dem EF-Profil (10) zusammen unter Druck gesetzt bzw. verpresst wird,
  - so dass die Mantelschicht (12) an der Oberfläche (11) wieder aufgeschmolzen und mit der umgebenden LFT-Masse (6) thermoplastisch verschmolzen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als LFT-Druck-Herstellverfahren ein LFT-Fliesspress-Verfahren mit vertikaler LFT-Presse (30) und horizontalem Presswerkzeug (31) eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als LFT-Druck-Herstellverfahren ein LFT-Einspritz-Verfahren mit horizontalem Verpressen und vertikalem LFT-Werkzeug eingesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere EF-Profile (10.1, 10.2, 10.3) im LFT-Werkzeug (31) positioniert und anschliessend mit der LFT-Masse verpresst werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass EF-Profile in mehr als einer EF-Profil-Herstell-Linie (20.1, 20.2) gleichzeitig erzeugt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Profilwerkzeug (21) mehr als ein EF-Profil (10.1, 10.2) erzeugt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einer EF-Profil-Formstation (20) mit mehr als einem Profilwerkzeug (21,1m 21,2) gleichzeitig EF-Profile verpresst werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der EF-Profil-Formstation ein mehrstufiger Profil-Formprozess mittels eines mehrteiligen Profilwerkzeugs ausgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Bänder (5) in plastischem Zustand beim Transfer in das Profil-Werkzeug (21) durch Vorform-Elemente (19) vorgeformt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile eine dreidimensionale Profilformung aufweisen.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile in Längsrichtung eine Biegung, Drehung, Faltung und/oder eine Oberflächenstrukturierung aufweisen.
12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile unterschiedliche Querschnittsformen aufweisen.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Formgebung der Werkzeuge (21, 31) Ausformungen an den EF-Profilen (22) und LFT-Ausformungen (32) für Krafteinleitungen und Kraftübergänge zwischen den EF-Profilen und der LFT-Formmasse (6) sowie zu Inserts (4) erzeugt werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein EF-Profil mit einem Positionierabsatz (55), einem dicken Zug- und Druckbereich (56) oben und unten sowie einem dünneren Schubbereich (57) dazwischen geformt wird, welches in einer Rippe (8) oder Sicke (7) des Bauteils positioniert wird.
15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schockkühlzeit (ts) im Bereich von 1 bis 5 sec liegt.
16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die LFT-Masse mindestens 3 mm mittlere Faserlänge aufweist und dass die EF-Profile (10) aus Lagen mit unterschiedlichen Faserorientierungen aufgebaut sind, z.B. mit 0°/90°, 0°/+45°/-45°.
17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Thermoplastmaterial aus teilkristallinen Polymeren wie PP, PET, PBT, PA besteht und die Endlosfaser-Verstärkung (EF) aus Glas-, Kohle- oder Aramidfasern besteht.
18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile eine dünne Oberflächenschicht (z.B. 0.1 – 0.2 mm) aus reinem Thermoplastmaterial ohne EF-Faserverstärkung aufweisen.



19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche, geformte EF-Profile mit einem formfesten Innenbereich (88) und einem geschmolzenen Aussenbereich (89) hergestellt werden zum formfesten Transfer ins LFT-Werkzeug (31).
20. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile lokal unterschiedlich starke Schockkühlungsbereiche mit entsprechend unterschiedlich starker thermoplastischer Verbindung zwischen EF-Profil und LFT-Masse und (definiert) unterschiedlicher Profilformerhaltung beim LFT-Verpressen aufweisen.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile (10) lokal unterschiedliche Schockkühlungsbereiche aufweisen, z.B.  
T3, Q1.3 = minimale Schockkühlung, definiertes Verfließen des EF-Profils im LFT,  
T2, Q1.2 = mittlere Schockkühlung, Form optimal erhalten und vollständig mit LFT verbunden,  
T1, Q1.1 = starke Schockkühlung, Oberfläche wird nicht mehr mit LFT verschmolzen.
22. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenumwandlungswärme (Kristallisationswärme, latente Wärme) im Hysteresebereich  $\Delta T_{H}$  beim Schockkühlen genutzt wird.
23. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit langsamerem Durchlaufen eines Kristallisations-Temperaturbereichs  $\Delta T_{kr}$  ein entsprechender kristallisierter Anteil in der Mantelschicht (12) erzeugt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile in unterschiedlichen Einbau-Lagen zwischen flach und senkrecht ins LFT-Werkzeug (31) (z.B. in Rippen) positioniert werden.

25. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die EF-Profile im LFT-Werkzeug am unteren (31u) und/oder am oberen Werkzeug (31o) positioniert bzw. fixiert werden.
26. Anlage (40) zur Herstellung von strukturellen Bauteilen aus Langfaserthermoplast (LFT) mit integrierten Endlosfaser (EF)-Verstärkungen in einem einstufigen LFT-Druck-Herstellverfahren, gekennzeichnet durch
- eine Aufheizstation (15) zum Aufheizen von vorkonsolidierten EF-Bändern (5)
  - eine EF-Profilformstation (20) mit einem zweiteiligen Profilwerkzeug (21), in welches die EF-Bänder transferiert werden,
  - dort kurzzeitig verpresst und dabei zum gewünschten EF-Profil (10) geformt werden und wobei an der Profiloberfläche (11) durch Kontakt mit dem thermisch konditionierten Profilwerkzeug (21) mit hohem Wärmetübergang (Q1) eine schockgekühlte, formfeste dünne Mantelschicht (12) gebildet wird und
  - das EF-Profil nach definierter Schockkühlzeit (ts) sofort vollständig vom Profilwerkzeug getrennt und mittels eines Roboters (42) in ein LFT-Werkzeug (31) einer LFT-Pressen (30) transferiert und dort definiert positioniert wird,
  - dann eine geschmolzene LFT-Masse (6) eingebracht und mit dem EF-Profil (10) zusammen unter Druck gesetzt bzw. verpresst wird,
  - wobei die Mantelschicht (12) an der Oberfläche (11) wieder aufgeschmolzen
  - und mit der umgebenden LFT-Masse (6) thermoplastisch verschmolzen wird.
27. Anlage nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch eine EF-Profil-Formstation (20) mit Profil-Werkzeugen (21), welche bereichsweise lokal unterschiedliche thermische Konditionierungen bzw. Werkzeugtemperaturen (Twp) (kühlen, heizen) aufweisen.

28. Anlage nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch eine EF-Profil-Formstation mit Profil-Werkzeugen (21), welche bereichsweise unterschiedliche Wärmeübergänge (Q1), spezifische Wärmen und Wärmeleitfähigkeiten bzw. Wärmeeindring-Koeffizienten ( $\alpha_e$ ) und Werkzeugtemperaturen ( $T_{wp}$ ) aufweisen.
29. Anlage nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch eine EF-Profil-Formstation (20) mit einem Verschiebeportal und Handligelementen (19) zum Vorformen und Transferieren der EF-Bänder (5).
30. Anlage nach Anspruch 26 gekennzeichnet durch eine IR-Aufheizstation (15) mit einer Schutzgasatmosphäre (27), einem Transportband (16), einem Transfer-Roboter (42) mit Greifern (26, 37) zum Transferieren von EF-Profilen und geschmolzener LFT-Masse, einem LFT-Extruder (34), einer LFT-Pressen (30) und einer Anlagensteuerung (45) mit Teilsteuerungen (25, 35, 36) für die verschiedenen Stationen.
31. Strukturbauteil (1) mit mindestens einem EF-Profil (10) in einer LFT-Formmasse (6), hergestellt gemäss dem Verfahren von Anspruch 1.

### Zusammenfassung

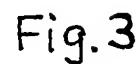
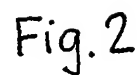
Das Verfahren ermöglicht die serienmässige Herstellung von strukturellen Bauteilen aus Langfaserthermoplast (LFT) mit integrierten Endlosfaser (EF)-Verstärkungen in einem einstufigen LFT-Pressschritt. Dabei werden EF-Bänder (5) aufgeschmolzen und in ein Profilwerkzeug (21) einer EF-Profil-Formstation (20) transferiert, kurzzeitig verpresst und zum gewünschten EF-Profil (10) geformt. Dabei wird an der Profiloberfläche (11) durch Kontakt mit dem thermisch konditionierten Profilwerkzeug (21) eine schockgekühlte, formfeste dünne Mantelschicht (12) gebildet und das Innere des EF-Profiles bleibt geschmolzen. Nach definierter kurzer Schockkühlzeit ( $t_s$ ) wird das EF-Profil (10) in ein LFT-Werkzeug (31) transferiert und mit einer eingebrachten geschmolzenen LFT-Masse (6) zusammen verpresst. Dabei wird die Mantelschicht (12) an der Oberfläche (11) wieder aufgeschmolzen und mit der umgebenden LFT-Masse thermoplastisch verbunden.

(Fig. 1)



Fig. 1

5



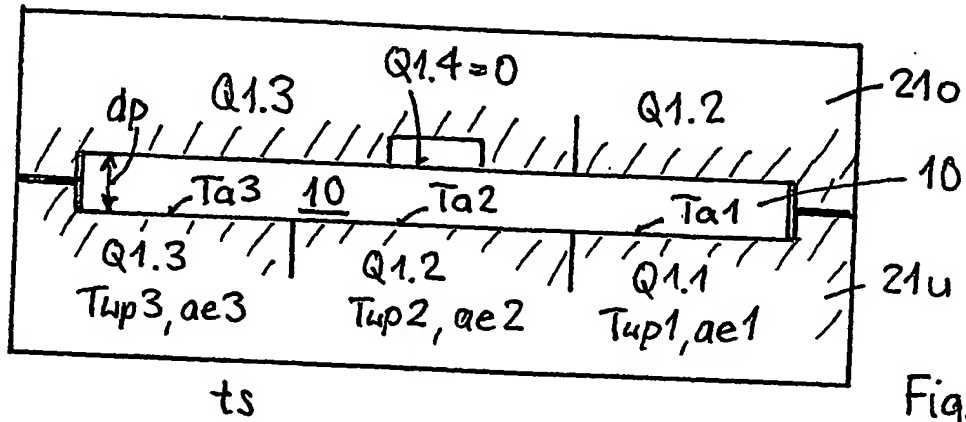


Fig. 4

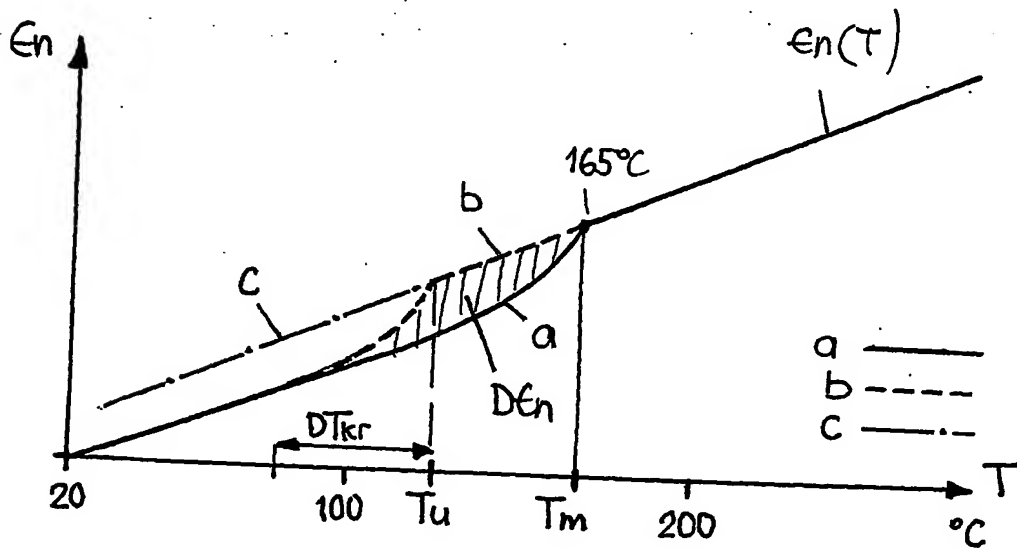


Fig. 5a

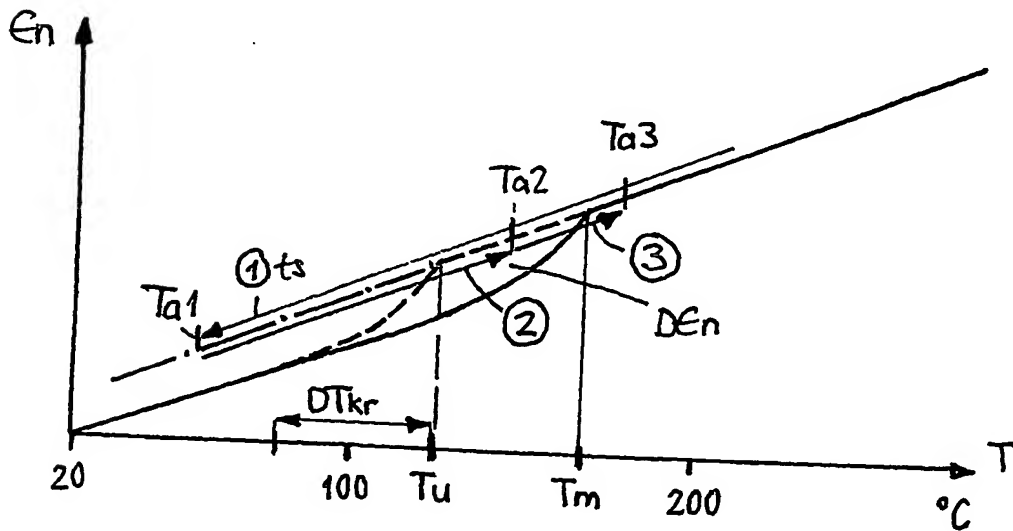
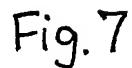
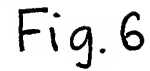


Fig. 5b





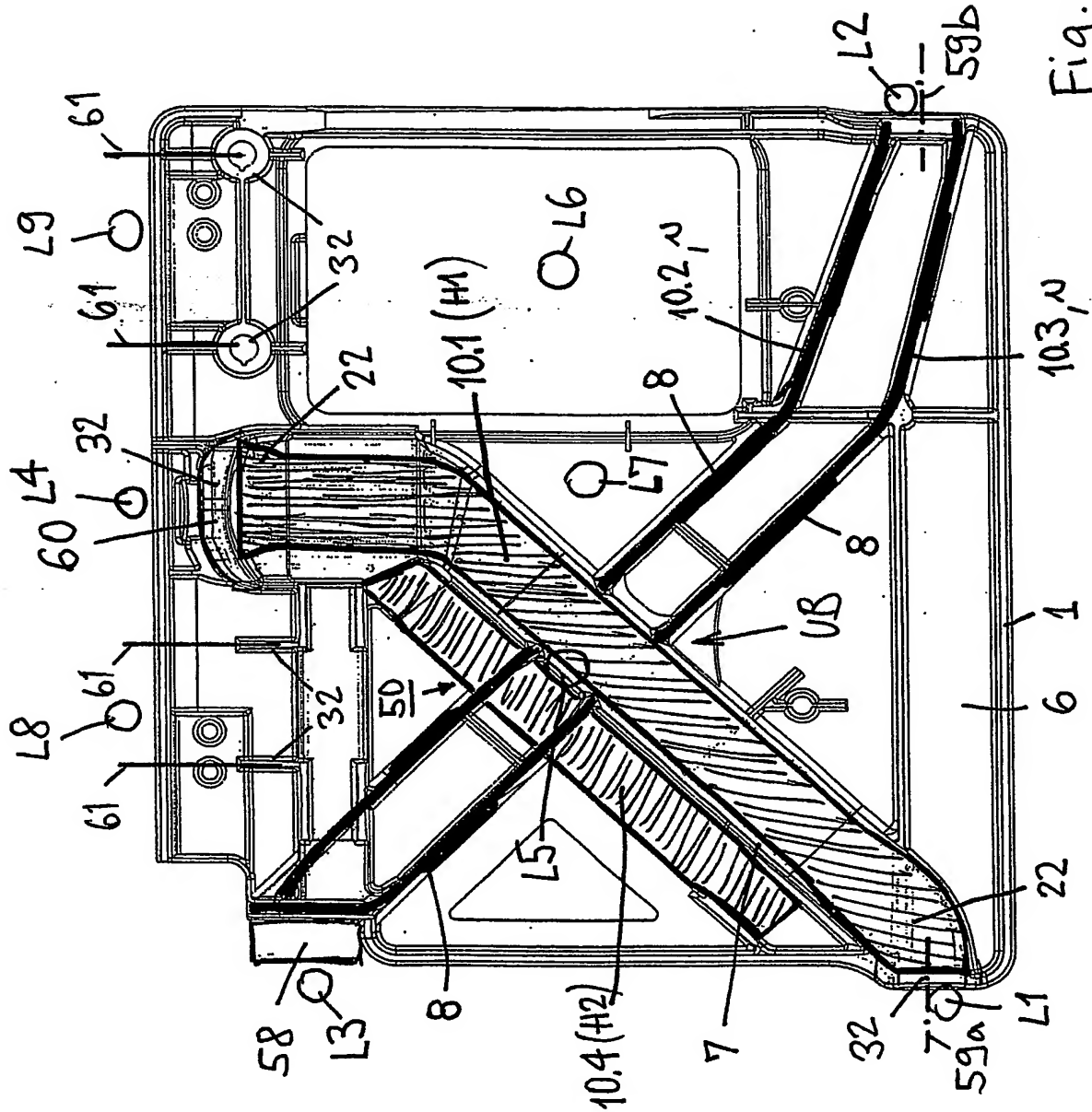
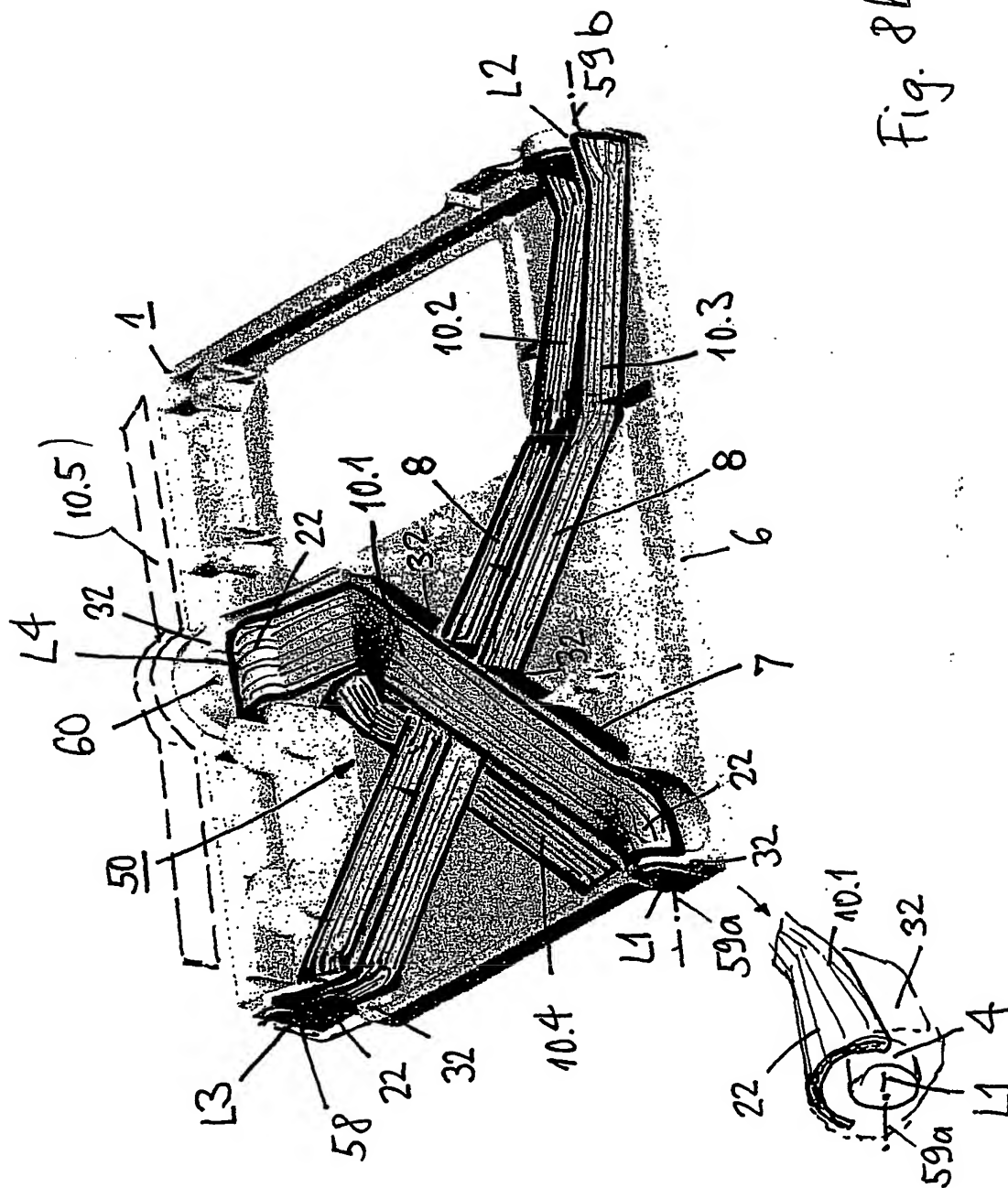


Fig. 8a

Fig. 8b



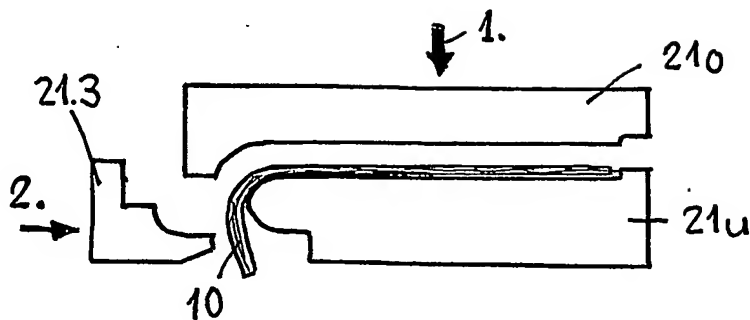


Fig. 8c

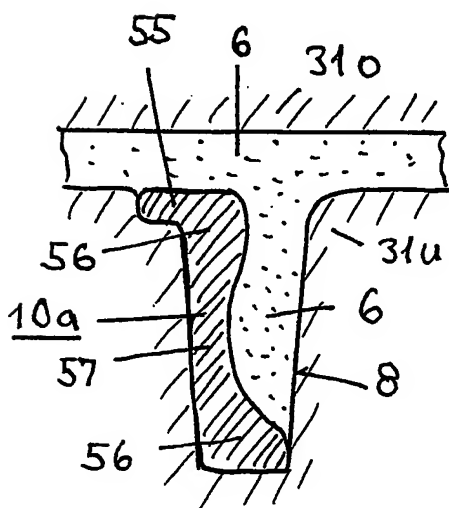


Fig. 9a

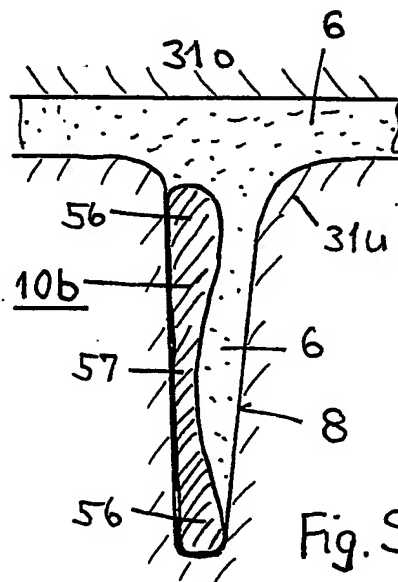


Fig. 9b

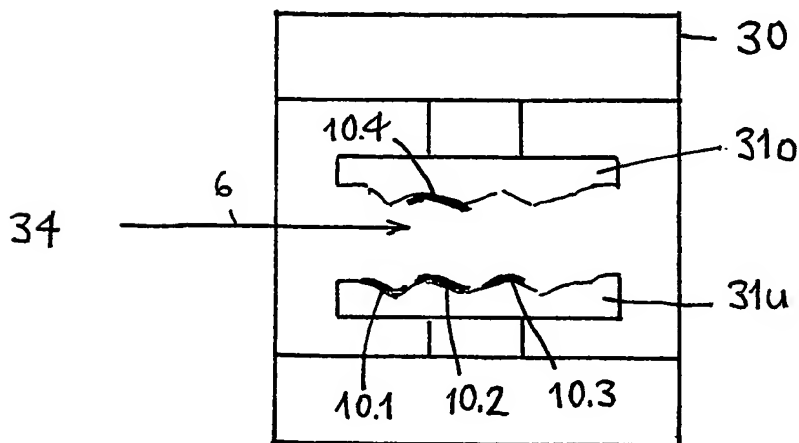
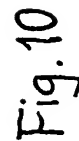


Fig. 13



Fig. 11



9/9

130000

40

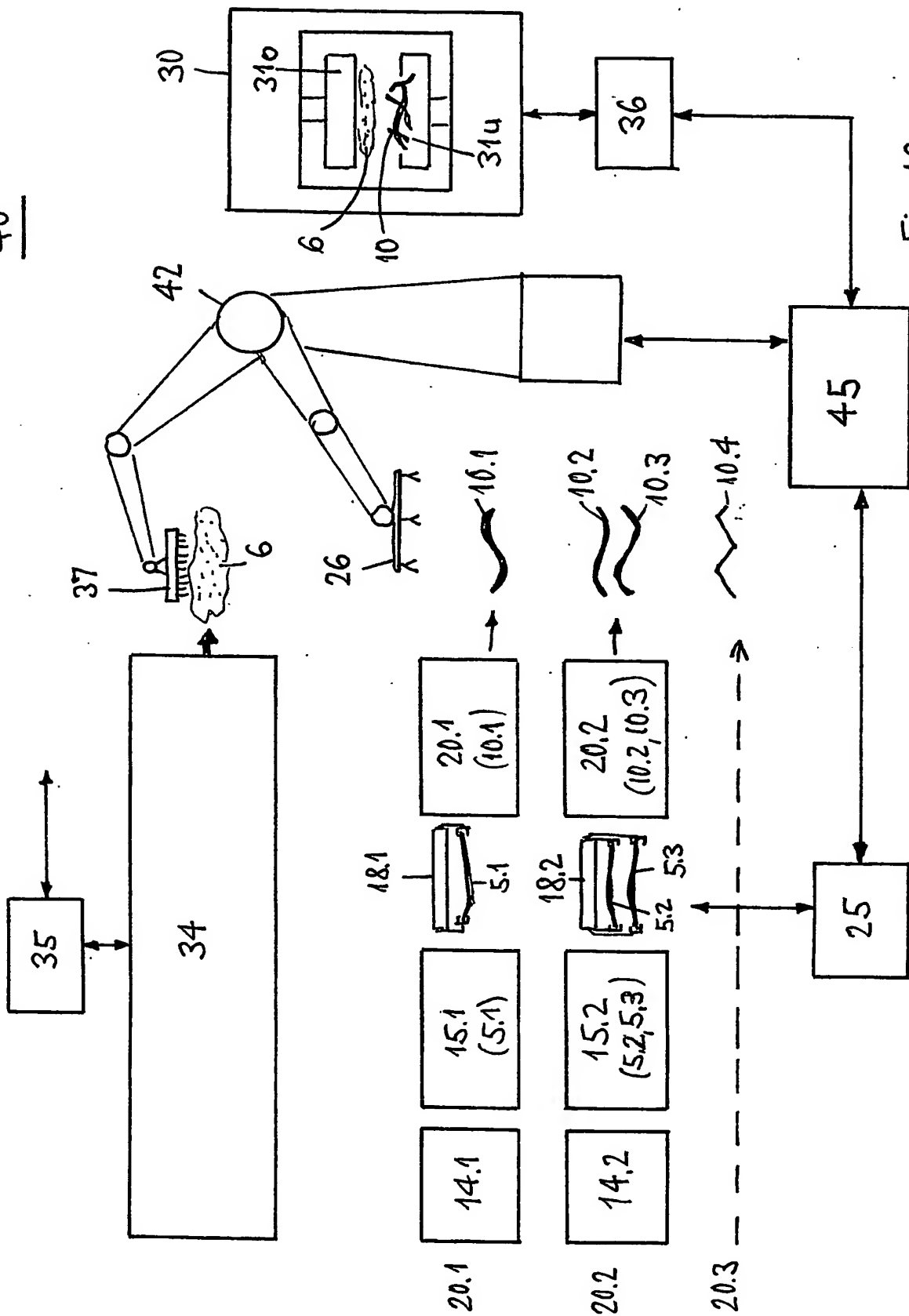


Fig.12